



Autora:

Ing. Liliana Maritza Herrán Alvarado

Directora:

Ing. Ingrid Tatiana Ferreira Borda

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA DIRECCIÓN DE POSTGRADOS
ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA
ARTÍCULO CIENTÍFICO**

Bogotá D.C. Diciembre de 2017

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA COBERTURA TERRESTRE UTILIZANDO SENSORES REMOTOS, Y CLASIFICACIÓN SUPERVIZADA, PARA EL PERIODO 2003 Y 2013, EN LA CUENCA DE LA QUEBRADA SINIFANÁ EN EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

MULTITEMPORAL ANALYSIS OF THE LAND COVER, USING REMOTE SENSORS AND SUPERVISED CLASIFICATION FOR DE PERIOD BETWEEN 2003 AND 2013 IN THE BASIN OF THE SINIFANÁ RAVINE IN THE DEPARMENT OF ANTIOQUIA

Liliana Maritza Herrán Alvarado
Ingeniera Catastral y Geodesta, Aspirante a especialista en Geomática
Estududiante de posgrado de la UMNG
Bogotá D.C, Colombia
u3101380@unimilitar.edu.co

RESUMEN

El trabajo desarrollado a continuación pretende proporcionar información concreta a cerca de las coberturas terrestres que se encuentran presentes en la Cuenca y su cambio ocurrido en trece años, utilizando como insumo imágenes satelitales Landsat y RapidEye, de los años 2000 y 2013, respectivamente. Este proceso es realizado a escala 1:25.000 mediante clasificación supervisada, teniendo en cuenta el análisis en contexto de la Cuenca y su funcionalidad territorial, con base en la Leyenda Nacional Corine Land Cover y utilizando software PCI Geomática.

Palabras clave: Sensores remotos; procesamiento digital; Leyenda Nacional Corine Land Cober; análisis multitemporal; Cuenca hidrográfica.

ABSTRACT

the following paper aims to give concrete information about the land covers that are present in the basin and the changes that happens in ten years using as an input Landsat and RapidEye satelital images, of the years of 2000 and 2013 respectively. This process is done in 1: 25000 scale by supervised clasification, taking into account the analysis in context of the basin and the territorial functionality, with base in the Corine Landcover national leyend and using the software PCI Geomatica

Keywords: remote sensors; digital processing; Corine Landcover national leyend; miltitemporal analysis; hydrographic basin.

INTRODUCCIÓN

Este documento quiere dar a conocer el resultado del análisis multitemporal para la Cuenca de la Quebrada Sinifaná en el departamento de Antioquia, para los años 2000 y 2013, empleando sensores remotos, para el análisis, planificación y organización de un territorio y así permitir el desarrollo sostenible del mismo.

El análisis se plantea a nivel de la cuenca, porque se considera que tiene condiciones físicas, biológicas, económicas y culturales con características comunes, que permiten sustentar los procesos biológicos que suceden en la zona de estudio e influyen en la cobertura vegetal.

La cuenca se encuentra localizada en el departamento de Antioquia, tiene un área de 20137,09 Has y de ella hacen parte de los municipios de Cálidas, Fredonia, Amagá, Venecia y Titiribí.

Dentro de la documentación encontrada sobre el tema en la zona de estudio, se encuentra la publicación realizada por La Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia CORANTIOQUIA, titulada *“El Plan de Ordenación y manejo de la Cuenca de la Quebrada Sinifaná, 2007”* [1], que basa su estudio en los usos actuales del suelo extraídos de los Planes de Ordenamiento Territorial POT.

Este documento se convierte en una buena aproximación al área de estudio, donde se identifican claramente las problemáticas presentes en la cuenca y las coberturas del suelo existentes dentro de ella.

Desde otro punto de vista, la Universidad Pontificia Bolivariana, elaboró un interesante documento a cerca de *“la distribución ecológica y actividad minera carbonífera de la Sinifaná en el suroeste del departamento de Antioquia Colombia, Un análisis desde los conflictos económicos, resultados parciales”* [2], donde menciona la práctica de la minería ilegal e informal o tradicional, como una constante presente en la cuenca que representa un conflicto ecológico, que repercute en el desarrollo sostenible de la cuenca. Estos análisis aportan al mayor conocimiento de la zona desde puntos de vista y problemáticas diferentes que afectan los usos de la cobertura terrestre específicamente en la compleja zona de estudio.

El artículo aporta por medio del análisis de sensores remotos el cambio a que tiene lugar las coberturas terrestres dentro del territorio estudiado, teniendo en cuenta, el procesamiento digital por medio de sensores remotos estos permiten clasificar las diferentes coberturas que se encuentran en la superficie.

Teniendo en cuenta que el conocer el estado de las coberturas terrestres y su cambio en un lapso de tiempo, en este caso de 13 años (2000 - 2013), permite evidenciar y cuantificar la deforestación, y/o intervención de las coberturas vegetales, que confluyen en un deterioro ambiental, que, afecta gravemente los ecosistemas que allí conviven. Dada la importancia que reviste este fenómeno negativo en el medio ambiente, se deben tomar medidas urgentes para corregir y mejorar el estado de conservación de la Cuenca y poder preservar los recursos naturales de una manera sustentable.

1. MATERIALES

Para llevar a cabo esta tarea, se utiliza como insumo sensores remotos y el programa PCI Geomática, aplicando la metodología Corine Land Cover CLC. Se establece como parámetro inicial el procesamiento digital de las imágenes mediante correcciones atmosféricas, radiométricas y filtros que permitan mejorar el nivel digital de las imágenes, para luego iniciar con la selección de muestras que representan las coberturas que se encuentran presentes en la superficie terrestre, de esta manera se puede analizar el comportamiento espectral de las coberturas terrestres y su clasificación dentro de la leyenda Nacional de Coberturas CLC; posteriormente se realiza la clasificación supervisada, vectorizando y comparando los resultados de los dos años y así poder analizar y confrontar los resultados enmarcados en un análisis global de la cuenca.

Las imágenes digitales son una fuente de información de la que se pueden extraer datos a los cuales se les puede aplicar un procesamiento digital para mejorar sus características y visualizar y conocer un territorio.

La clasificación digital, pretende clasificar cada uno de los píxeles de la imagen satelital procesada y asignar una clase que representa teniendo como resultado un mapa temático, en este caso de coberturas del suelo que permite evidenciar las clases de ocupación del suelo [3].

Dentro del análisis que se realiza en la zona de estudio, se tiene en cuenta si existe deforestación en las coberturas naturales y específicamente en los ecosistemas estratégicos que conforman la Cuenca, dadas las graves consecuencias y problemas ambientales que conllevan la pérdida de biodiversidad, contaminación de agua, entre otros y finalmente cambio climático.[4]

Los materiales utilizados para realizar el análisis multitemporal, inicialmente son las imágenes satelitales que cumplan con los requisitos mínimos para su procesamiento y estén dentro del rango de tiempo para poder llevar a cabo el estudio multitemporal, (el tiempo está determinado alrededor de 10 años de diferencia entre las dos tomas).

Es indispensable un conocimiento básico de la zona de estudio para tener una buena aproximación de cuales coberturas están presentes en la cuenca, y los usos que se le dan, o en su defecto una interpretación de coberturas terrestres realizada en años anteriores.

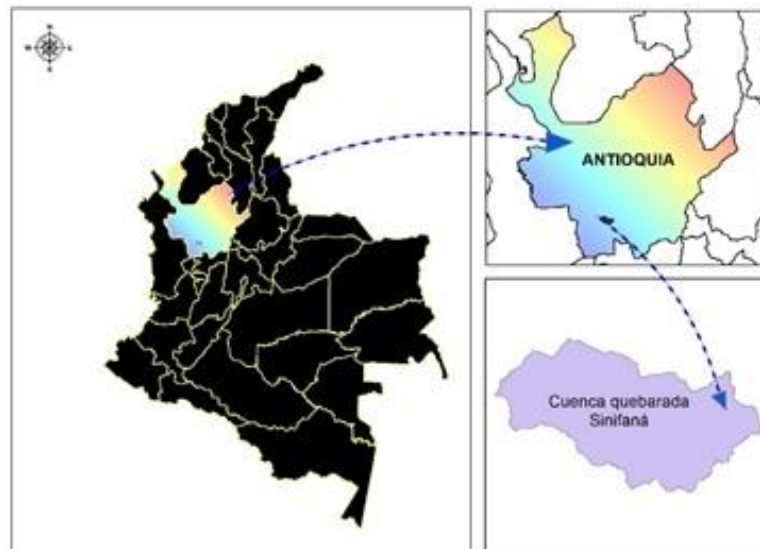


Fig. 1. Localización genral Cuenca de la Quebrada Sinifaná.

Fuente: Elaboraciónn propia, 2017 [1].

Las imagines Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus). Se compone de 8 bandas espectrales, adicionalmente tiene la banda pancromática con resolución de 15 metros, maneja una órbita heliosincronizada, es decir que pasa siempre a la misma por hora por el mismo lugar.

Para Landsat 7 han ocurrido avances significativos en las características geométricas y radiométricas y cuenta con mayor resolución espacial para la banda térmica de 60 metros, que permite interpretaciones a escala 2:25.000 principalmente se utiliza para cobertura vegetal en áreas rurales.

El sistema de calibración radiométrica se perfeccionó, así que garantiza una precisión absoluta de 5%. Y cuenta con mejor geometría de captura que se evidencia por una mayor precisión de sus imágenes.

En cuanto al satélite RapiDeye, cuenta con 5 satélites ópticos que producen imágenes de resolución espacial de 5 metros, cubre 5 millones de kilómetros cuadrados cada día, tiene 5 bandas y una resolución radiométrica de 12 bits.

Estas imágenes se caracterizan por tener banda Red-Edge, que es una gran ventaja para monitorear los cambios de clorofila y nitrógeno en la vegetación. Son utilizadas para agricultura de precisión, medio ambiente y monitoreo de detección de cambio, entre otros usos.



Fig. 2. Imagen satelital Landsat 2003
Fuente: Satélite landsat [2].



Fig. 3. Imagen satelital RapidEye 2013
Fuente: Satelital RapidEye 2017 [3].

2. MÉTODOS

La teledetección es una herramienta fundamental para la observación y actualización de la cobertura terrestre, es así como se plantea inicialmente el procesamiento digital de cada una de las imágenes de los sensores RapidEye y Landsat, teniendo en cuenta la resolución espacial, radiométrica, espectral y temporal de cada una. Dentro del procedimiento se deben aplicar realces para mejorar el nivel digital de los píxeles, Estos (REALCES) se llevan a cabo mediante la manipulación de las características espectrales, ecualización de histogramas para finalizar con el proceso de la clasificación supervisada.

Para llevar a cabo la estructuración de la información, se realiza una revisión de las imágenes digitales con las que se cuenta y de esta manera proyectar el trabajo que se realizará, es así como se estima el tipo de cobertura presente en la cuenca, teniendo en cuenta la resolución espacial que cada una de las imágenes maneja.

Cuando se realiza la corrección radiométrica se quiere transformar los niveles digitales originales de la imagen en valores de reflectividad aparente; es decir se pasa de nivel digital a reflectancia.

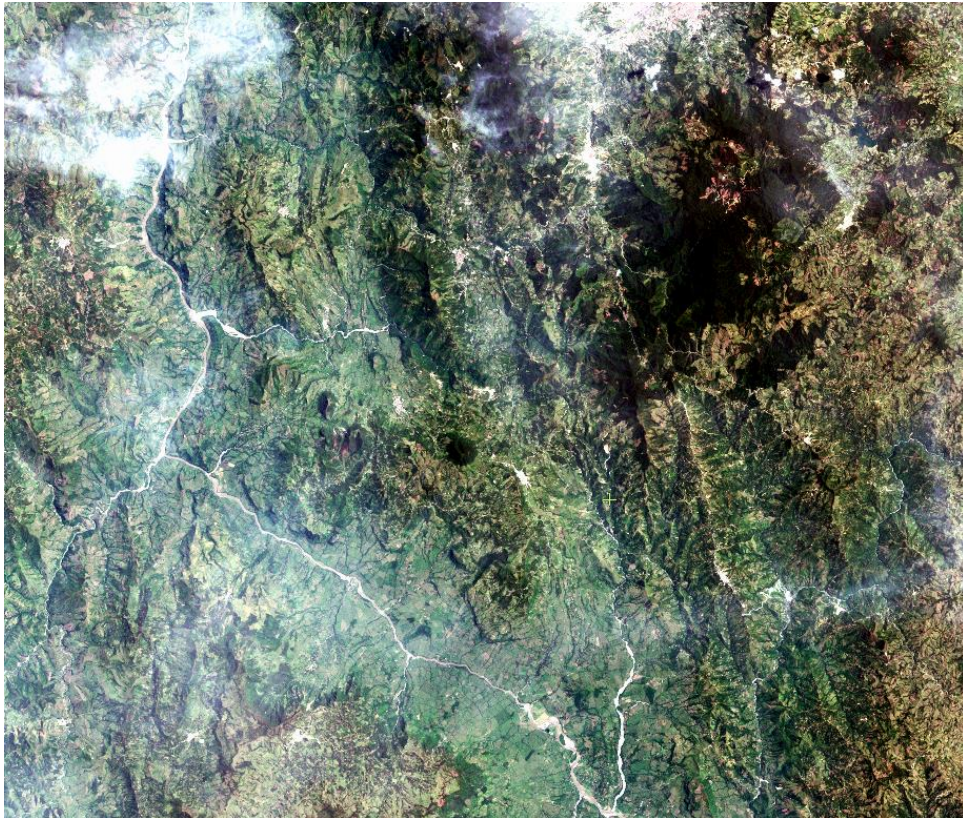


Fig. 4. Imagen satelital Lansat7[4].

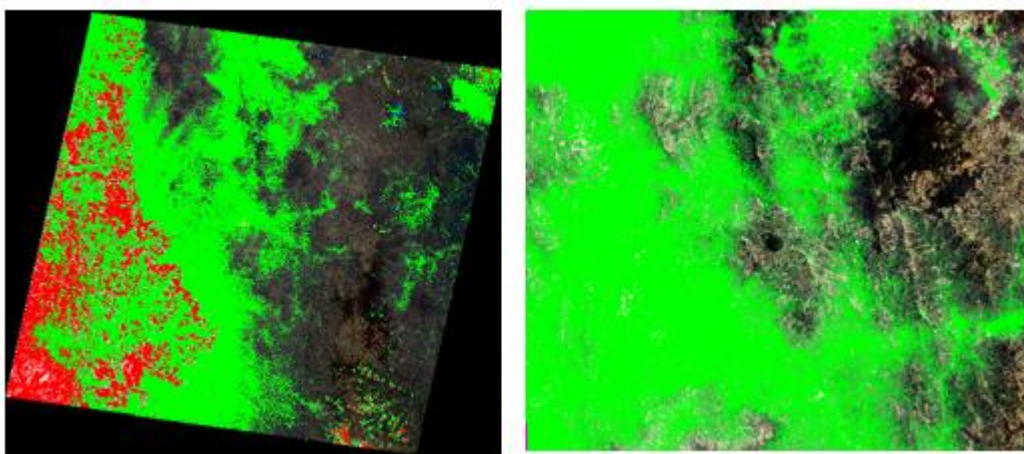


Fig. 5. Corrección atmosférica zona de estudio.

Fuente: Elaboraciónn propia, 2017 [5].

Dentro del proceso de familiarización de la cuenca, su entorno y comportamiento, se hace un breve análisis de las condiciones generales de la cuenca y su comportamiento hidrológico, que tiene en cuenta factores como el clima y la forma del territorio, entre otros. La delimitación de la Cuenca se toma de la información de la Corporación autónoma regional “Corantioquia”, que se rige bajo la metodología propuesta por el IDEAM-2013, que para este caso la relación numeración es la 2620-01-06.

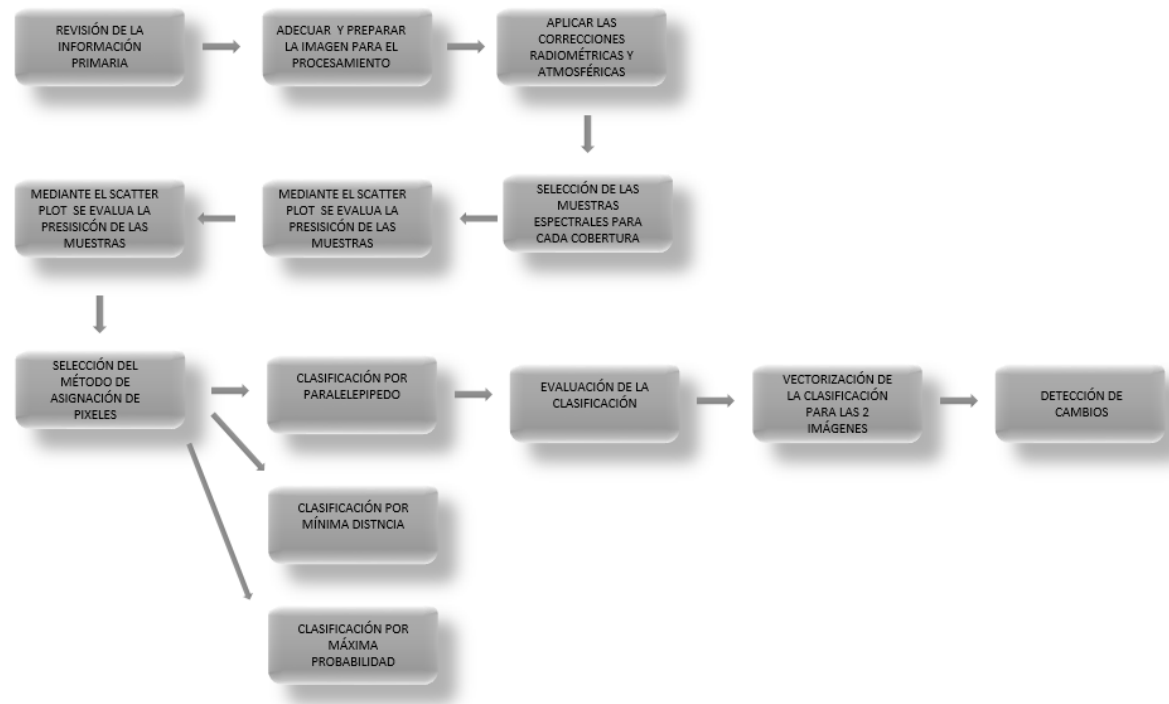


Fig. 6. Fases del proceso para la elaboración de la clasificación supervisada
Fuente: Elaboración propia, 2017 [6].

Para que los valores radiométricos no se alteren a la hora de la clasificación, la imagen es recortada y de esta manera garantizar que los valores nulos del background no afecten las clases seleccionadas como zonas de entrenamiento.

Se inicia con el proceso de la imagen Landsat7, no es necesario aplicar filtros, en la zona de estudio, pues se encuentra en estado óptimo para iniciar la clasificación. Para el procedimiento del muestreo se toman píxeles puros de cada una de las coberturas, analizando la desviación estándar de cada muestra, estableciendo 15 como el número máximo permitido.

Se toman 13 muestras que representan las coberturas que se han identificado en la zona de estudio, según el comportamiento espectral de cada una de ellas.

Es claro que dentro del proceso, el algoritmo utilizado depende de la calidad de la imagen y su potencial para poder extraer por medio de la menor edición posible la información espectral de alta calidad para el muestreo.

Para el caso de la Cuenca se ejecutó el algoritmo de máxima verosimilitud por ser el que más se acomoda a los datos espectrales de la imagen y las muestras seleccionadas y cuenta con mayor exactitud.

Para realizar el proceso de agregación se tienen en cuenta los datos de separabilidad de cada una de las muestras con valores diferentes para cada muestreo, Este proceso permite que el resultado de la clasificación realizada sea más confiable por que se encuentra fundamentado en los valores de autocorrelación extraídos de la matriz de separabilidad, de tal manera que cada imagen tiene diferentes valores.

El proceso continúa cuando se aplican las máscaras correspondientes para perfeccionar cada clase, teniendo como base la imagen satelital que se encuentra procesando, el conocimiento de la zona de estudio y los pixeles de la clasificación. Luego se ejecuta el filtro modal para dar apariencia homogénea a la cobertura resultante.

Este proceso culmina cuando se convierte en vector la clasificación supervisada de tal modo que, se puede manejar cuantitativa y cualitativamente la información resultante de una manera más sencilla.

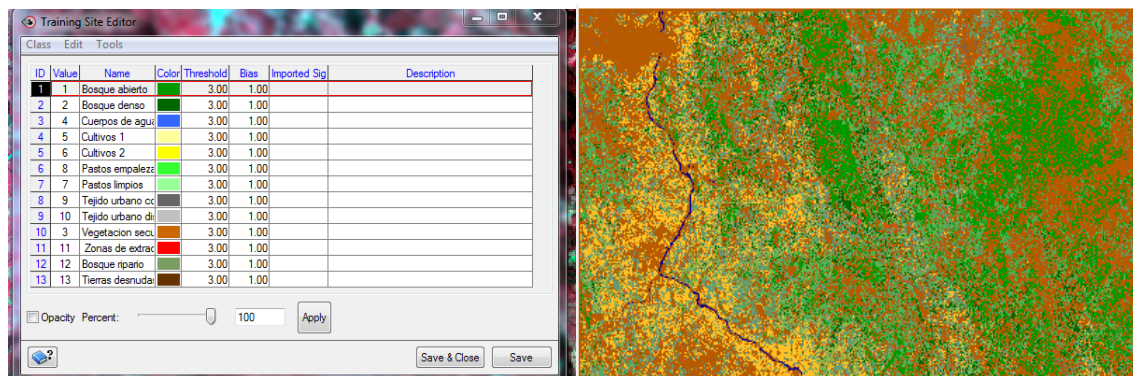


Fig. 7. Ventana del editor de las muestras de entrenamiento y Casificación.
Fuente: Elaboraciónn propia, 2017 [7].

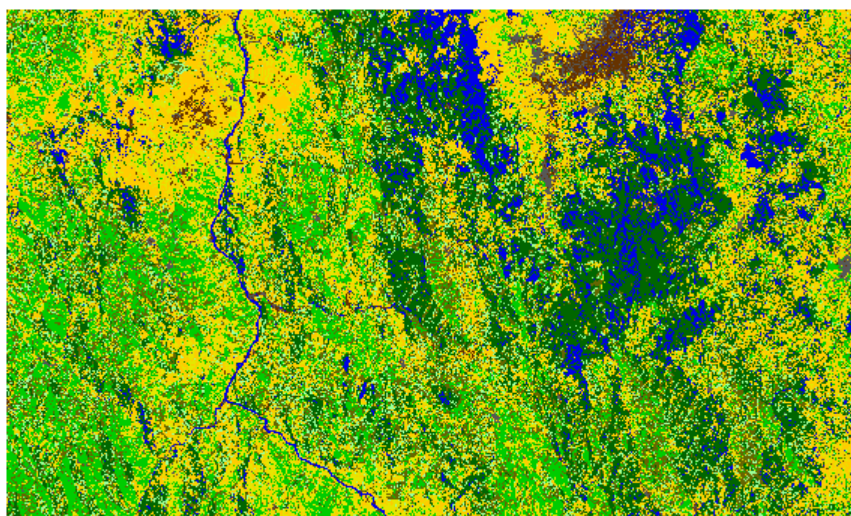


Fig. 8. Algoritmo máxima verosimilitud [8].

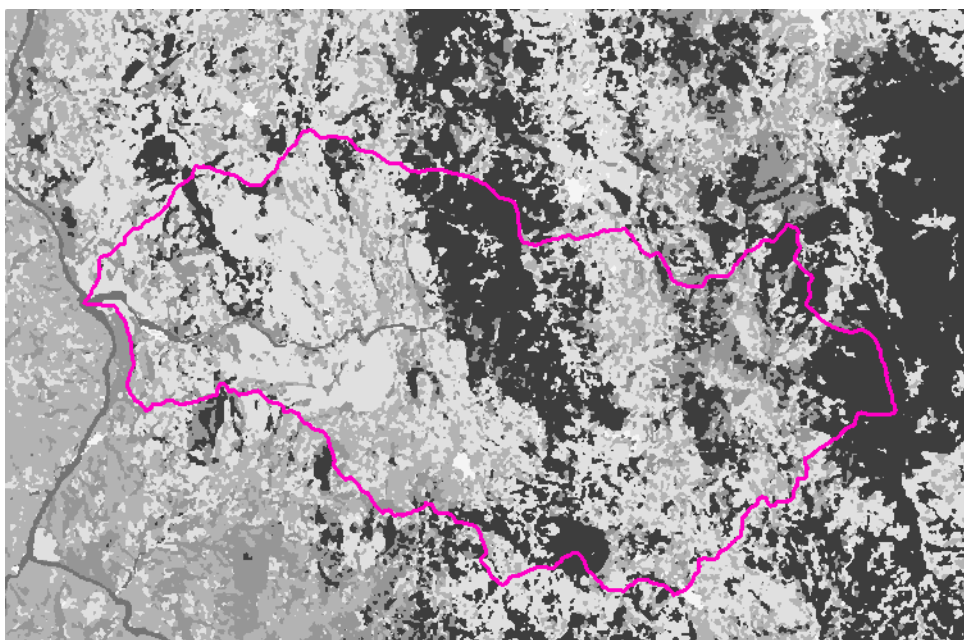


Fig. 9. Imagen de salida en pseudocolor [9].

Se inicia el proceso para la imagen RapiDeye, con la que se puede aplicar realce y corrección atmosférica, para la zona de estudio mejorando notablemente la apariencia de la misma. Teniendo en cuenta la resolución espacial se pueden identificar mayor cantidad de muestras en la cuenca.

El procesamiento de la imagen se realiza a partir de las coberturas que ya se identificaron en la imagen satelital Lansat. Para la imagen RapiDeye, se clasifican 16 tipos de agrupación de píxeles o clases, de tal manera que el nivel de detalle es mayor



Fig. 10. Imagen satelital RapiDeye [10].

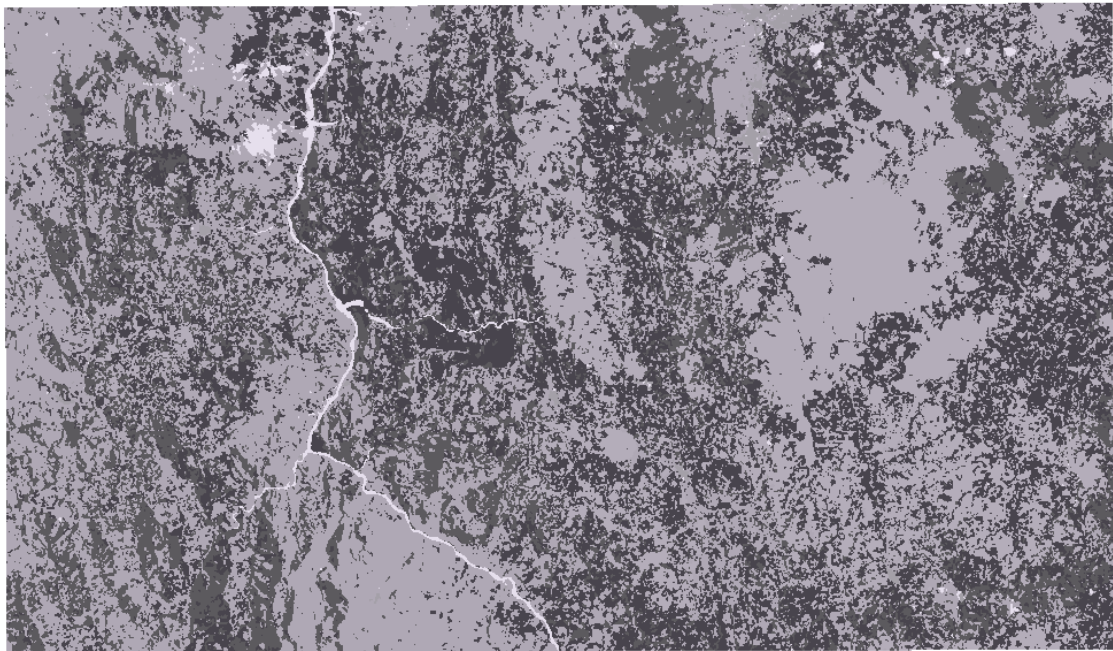


Fig. 11. Imagen de salida en pseudocolor RapiDeye [11].

3. RESULTADOS

El resultado del análisis evidencia el estado actual de la cuenca, donde se determinan y priorizan las problemáticas y conflictos sobre los recursos naturales, y las áreas críticas que por sus condiciones actuales que requieren una atención prioritaria, para que se puedan definir las acciones de intervención y manejo de la zona de estudio para el mantenimiento y sostenimiento de la región.

Es de vital importancia integrar los aspectos fundamentales de la interacción de habitantes y usuarios de los recursos naturales, humanos, sociales, económicos y de infraestructura para que utilicen de manera sostenible los recursos, teniendo en cuenta la oferta y demanda en las condiciones actuales y poder garantizar su equitativa distribución.

Se evidenció que la cuenca tiene alto potencial hídrico, que se debe proteger y fortalecer. En cuanto a las coberturas naturales, presenta altos procesos de intervención antrópica, especialmente sobre los recursos forestales, como se evidenció en el bosque abierto que se encuentra presente en la zona, además de la abundante vegetación secundaria o en transición.

La importancia y protección de éstas áreas boscosas se fundamenta en las funciones ambientales y la oferta de servicios ecosistémicos, como: el refugio y hábitat de especies faunísticas y florísticas, el control de procesos erosivos, la regulación del ciclo del agua y del clima, corredores biológicos, conectividad de

biodiversidad, entre otros. Estas áreas de bosques presentan posibilidades de desarrollo, limitado al interior de estas coberturas.

La demanda y presión sobre los recursos naturales va en aumento por factores como el crecimiento de la población, la mayor demanda de bienes y servicios, y la satisfacción de las necesidades básicas del hombre.

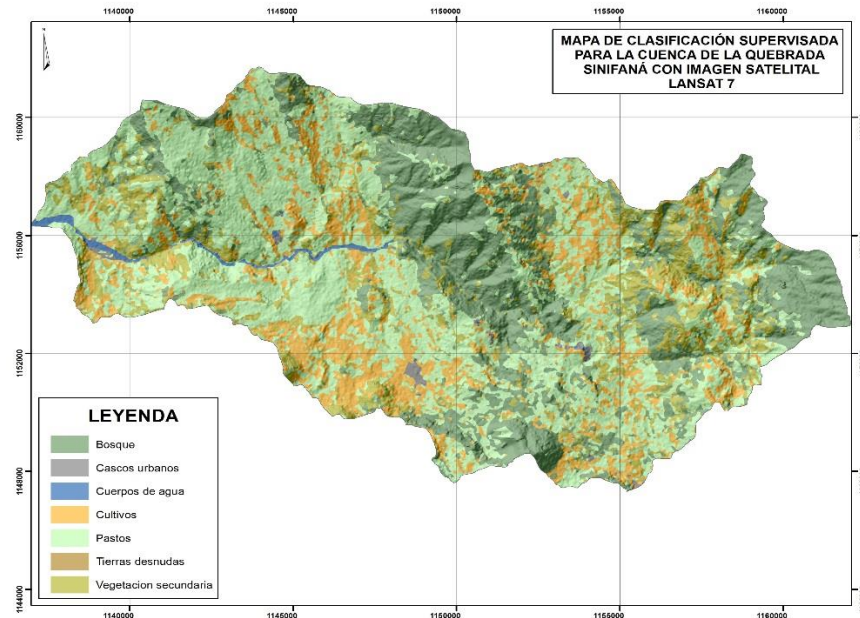


Fig. 12. Mapa clasificación supervisada de la Cuenca de la Quebrada Sinifaná de la imagen Landsat 7.

Fuente: Elaboraciónn propia, 2017 [12].

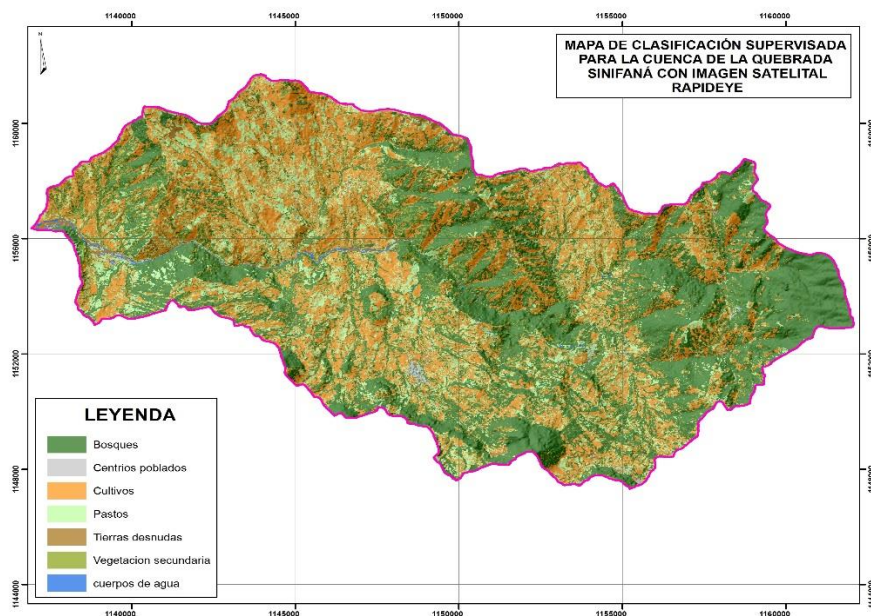


Fig. 13. Mapa clasificación supervisada de la Cuenca de la Quebrada Sinifaná de la imagen RapiDeye.

Fuente: Elaboraciónn propia, 2017 [13]

Como se evidencia en los mapas generados y diagramados con la información procesada para los dos años de estudio, el detalle que se puede observar en la

cantidad y calidad en tamaño y forma de los polígonos para la imagen satelital RapiDeye del año 2013, se debe a la resolución que espacial que maneja la esta.

Para completar el análisis se pueden observar las tablas de áreas por cobertura para cada interpretación, donde se evidencia el aumento de las actividades productivas que se dedican a cultivos transitorios especialmente y la dispersión de la población en el entorno rural y no en las cabeceras municipales y centros poblados de la región, a causa de las actividades mineras.

El procesamiento digital de las imágenes satelitales se fundamenta en las áreas de entrenamiento o áreas piloto donde se ejecutan los algoritmos de clasificación, en este caso se utilizó el de máxima verosimilitud que dio los mejores resultados calculando los parámetros estadísticos de cada una de las bandas en las áreas de entrenamiento, evaluando el nivel digital y clasificándolo dentro de la clase más adecuada 6].

El análisis que se realiza

ÁREAS COBERTURA IMAGEN LANDSAT		ÁREAS COBERTURA IMAGEN RAPIDEYE	
COBERTURAS AÑO 2000	AREA Has	COBERTURAS AÑO 2013	AREA Has
Bosque	5560,95	Bosques	8209,09
Cuerpos de agua	152,29	Cuerpos de agua	64,11
Vegetación secundaria	2644,46	Vegetación secundaria	1751,53
Cultivos	3218,90	Cultivos	6570,12
Tierras desnudas	0,41	Tierras desnudas	345,63
Pastos	8447,68	Pastos	3120,30
Centros poblados	112,40	Centros poblados	76,31
TOTAL	20137,09	TOTAL	20137,09

DIFERENCIA EN Has DE COBERTURAS	AREA Has
Bosques	-2648,13
Cuerpos de agua	88,18
Vegetación secundaria	892,93
Cultivos	-3351,22
Tierras desnudas	-345,22
Pastos	5327,38
Centrios poblados	36,08

Tabla. 1. Áreas por cobertura terrestre para iagen satelital Landsat e imagen satelital RapiDeye, y diferencias totales.

Fuente: Elaboraciónn propia, 2017 [1]

4. DISCUSIÓN

Cuando se analizan los resultados obtenidos, en primer lugar se puede decir que la clasificación supervisada que se realiza en PCI Geomántica, es una herramienta eficiente que permite la identificación de las coberturas de manera rápida, siendo esta una gran ventaja que se convierte en costos bajos para la ejecución de un proyecto, manteniendo la calidad de la interpretación.

Se pudo evidenciar pocas explotaciones mineras a pesar de que se sabe que existen en la zona de estudio, esto se da debido a que la gran mayoría de ellas son explotaciones por socavón, se encuentran pocas a cielo abierto especialmente minas de carbón, por lo que se caracteriza esta zona en Colombia.

Los resultados obtenidos dejan ver, que la cuenca aunque tiene un alto grado de intervención para mantener su economía, ha aumentado la cantidad de hectáreas en tierras con cultivos en el lapso de tiempo estudiado, de tal manera que ha disminuido la cantidad de pastos para el año 2013. Dentro del análisis realizado se establece con claridad que los centros poblados no han aumentado drásticamente, sino que por el contrario han permanecido iguales, dado que su población prefiere vivir alrededor de las minas explotadas. Este fenómeno es una característica común en la zona de estudio, porque permite mejorar la calidad de vida, en tiempo de transporte hasta su lugar de trabajo.

5. CONCLUSIONES

- La presión que ejerce el desarrollo económico sobre los recursos naturales se evidenció en la clasificación supervisada que se llevó a cabo para los años 2000 y 2013, dado que cada vez más se corre la frontera agrícola, dejando los ecosistemas estratégicos desprotegidos en la gran mayoría de los casos, dado que el objetivo primordial de éstos es proteger, conservar e incluso poder obtener un beneficio social por medio del cual se puede mitigar algunos efectos negativos provocados por usos indebidos del suelo.
- Los sistemas de producción agropecuaria deben cumplir con el doble propósito de recuperar la biodiversidad y propiciar el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles involucrando especies potenciales (frutos y flores del bosque, plantas medicinales). Estas acciones van de la mano con la institucionalidad para que sean eficaces y se puedan llevar a buen término, contando con una buena planificación en la Cuenca y su entorno, que garantice resultados a corto, mediano y largo plazo.
- El análisis multitemporal permite observar un panorama más completo de la situación biótica de la cuenca permitiendo tener una buena base para

la toma de decisiones en la planificación y adecuado uso de los recursos naturales.

- En el componente biótico, el conocimiento del estado de la vegetación es fundamental para establecer las unidades y métodos de muestreo para los componentes vegetación y flora; además permite definir el alcance de los resultados y los análisis estadísticos que pueden ser utilizados en la interpretación de los datos recolectados.
- En lo relacionado con la toma de muestras o áreas de entrenamiento dentro del proceso éstas se convierte en el eje principal, de este tipo de proyectos de investigación, puesto que lo ideal es que sean exactas y representativas de cada clase caracterizando la cobertura que se encuentra presente en la cuenca. En el caso de las imágenes que se clasificaron, se puede decir que la resolución espacial que maneja la imagen satelital RapidDeye permite una mejor respuesta por el mayor nivel de detalle que se puede observar y clasificar. [7]

6. AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo incondicional de mi querida familia, especialmente de mi Madre quien siempre me ha brindado su cariño, y fortaleza, porque ha sido el pilar en el que todos nos apoyamos para seguir adelante, a mi padre que aunque ya no estas con nosotros, podemos sentir su cariño y sabiduría y estoy segura que estarías muy feliz por este logro, a mi hermana, de quien admiro su dedicación, y muy especialmente a mi hija Angélica quien es el Angelito que ha iluminado mi vida, quien me ayudó para conseguir este logro y de quien me siento inmensamente orgullosa.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia CORANTIOQUIA, “El Plan de Ordenación y manejo de la Cuenca de la Quebrada Sinifaná”, Marleny Durango López, 2007.
- [2] Lotero Álvarez Liliana, “Análisis ecológico-distributivo de la cuenca carbonífera de la Sinifaná en el suroeste del departamento de Antioquia- Colombia”. Un análisis desde los conflictos económicos. Resultados parciales, Medellín 17 de Marzo de 2015.
- [3] Chuvieco Salinero Emilio, “Aportes de la Teledetección espacial a la cartografía de ocupación del suelo”1985.

- [4] Mrtinez Vega Javier, Martín Isabel M Pilar, "Guía didactica de teledección y medio ambiente", 2010

- [5] F. Alonso Sarría, F. Gomariz Castillo & F. Cánovas García, "Análisis temporal de los cambios de usos del suelo en la cuenca del Segura mediante teledetección. Implicaciones sobre la degradación" Enero de 2010.

- [6] Héctor Mauricio Ramírez Daza, "United Nations-Office for Outer space Affairs", 2013

- [7] Ivan Lizaraso, "Clasificación de la cobertura y del uso del suelo urbano usando imágenes de satélite y algoritmos supervisados de inteligencia artificial", 2008